

壓縮機的技术動向

原文刊載於一丞通訊 VOL.47 2000.02.

1.前言

在新世紀的開始，為各位介紹往復式（reciprocating）、迴轉式（rotary）、渦形式（scroll）等各體積型壓縮機，對於容量控制的發展動向。特別是針對地球環境的保護，即防止地球溫暖化的觀點而言，促使冷凍空調系統邁向高效率化益發地重要了。同樣地，具有適合技術壓縮機的容量控制，亦被要求提昇高效率化（高全斷熱效率）。

壓縮機不僅僅要具有容量控制功能的高效率容量控制進行運轉，對於各種容量控制方式所觸及的相關技術課題都將於本文中探討。

2.容量控制方式的分類

表 1 為容量控制方式的分類。容量控制的方式分為回轉速度控制和機械式容量控制，而回轉速度控制便是藉著極變馬達或者變頻器驅動，使回轉速度產生變化來控制每單位時間的冷媒流量，而機械式容量控制是使壓縮機每回轉一次的吐出流量產生變化，來控制每單位時間的冷媒流量。在此所謂壓縮機構主體部重要技術的動向，是以後者的機械式容量控制為對象來解說。

表 1 容量控制方式的分類

方式		適用壓縮機	
回轉速度控制	• 極數變換	完全是機械式形態	
	• 變換器驅動	完全是機械式形態	
機械式容量控制	壓縮機構部份不變化	• 吸入絞緊	完全是機械式形態
		• 吸入閉塞	完全是機械式形態
		• 吸入氣體旁通	旋轉式、渦形式（回轉型壓縮機）
	壓縮機構部份有變化	• 可變撞擊方式	往復式壓縮機
• 休筒方式		往復式壓縮機	

首先，機械式容量控制可以分為以下 2 個形態。

壓縮機構部份沒有變化，藉著冷媒路徑或通路阻抗的變化來控制吐出流量的形態，這種形態又分類為吸入絞緊方式，吸入閉塞方式，吸入氣體旁通方式等各種方式。各種方式全部都使用於壓縮機構中，迴轉式壓縮機（在這指滾動活塞方式或者旋轉葉片方式皆統稱為迴轉式壓縮機）或者滑形式壓縮機等的回轉型壓縮機為主要適用實例，大多採用吸入氣體旁通方式。

相對地，壓縮機構部份有變化，即藉著壓縮機行程容積的變化來控制吐出流量的形態。完全是機械式的形態，主要是採用往復式壓縮機。這個形態分類為可變撞擊方式和休筒方式。

採用某個形式的壓縮機機構，再結合容量控制的方式，並且決定其相容性，在選擇組合時，必須對照各容量控制方式的特徵，和壓縮機本身擁有的容量控制功能（冷凍能力的調整、省能等）。接下來為明確地說明其特徵，就各容量控制方式的基本原理和技術課題進行敘述。以下將為各位介紹實用化的容量控制方式中最適用的實例和技術動向。

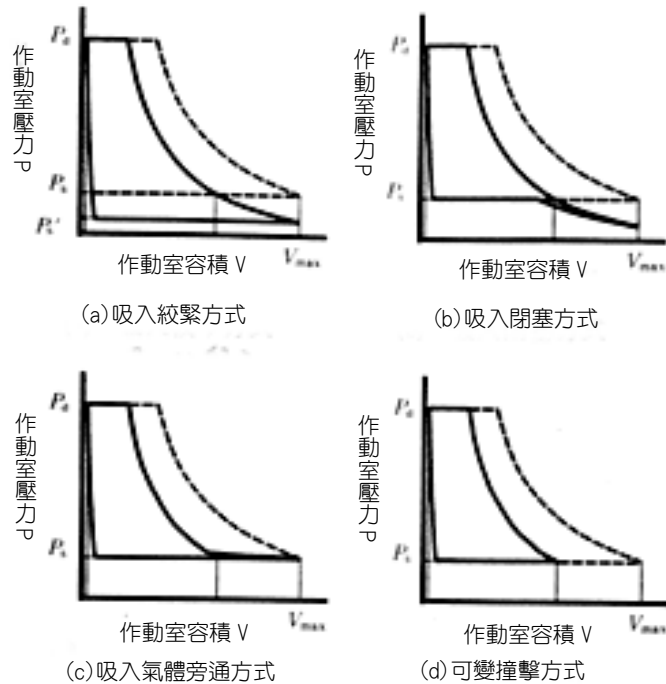


圖 1 各容量控制方式的 PV 圖

3. 吸入絞緊方式

(1) 基本原理和技術課題

圖 1 (a) 顯示吸入絞緊方式的 PV 線圖 (指壓線圖)。圖中的點線為容量控制前 (全負荷運轉時) 的 PV 線圖，實線部份為容量控制時的 PV 線圖，圖 1 中其他各圖亦相同。容量控制時，從 P_s 至 P_s' 的絞緊機構將壓縮機運作室入口的吸入壓力降低，藉著吸入氣體比重量的減低來降低冷媒的質量流量。

組裝在蒸發器和壓縮機之間的絞緊機構，大多數均連動上流壓力，故可以保持一定的蒸發壓力，如果由外部控制絞緊量，就具有能動性的容量控制功能。絞緊機構為冷凍循環元件的一部份，可以不依照壓縮機形式而適用，事實上，當壓縮機的運轉壓力比變高時，每單位冷媒流量的理論動力、洩漏和加熱等會增大，效率降低是無法避免的。調整冷凍能力的功能是為了滿足容量控制的方式，為保護地球環境，今後要求高效率化的技術課題也愈來愈多。

4. 吸入閉塞方式

(1) 基本原理和技術課題

圖 1 (b) 顯示吸入閉塞方式的 PV 線圖。將連絡運作室和吸入室的吸入路徑阻塞吸入行程 (運作室容積持續增大的期間) 的全區域或中途。如果欲考量理想模式，在阻塞後的吸入行程之間，將運作室內的冷媒氣體進行斷熱膨脹，之後的壓縮行程 (運作室容積持續減少的期間) 相同路徑中進行斷熱膨脹，容量控制時的冷媒流量隨著吸入路徑被遮斷時的運作室容積減少而降低，指壓縮線圖周圍的面積減少表示圖示做功與冷媒流量漸趨平衡。

事實上，壓縮機構部份的相對性運動 (褶動距離) 與容量控制前並沒有什麼改變，機械摩擦損失並不像冷媒流量減少如此多，吸入路徑阻塞後的膨脹和壓縮亦沒有完全斷熱的變化，加熱至某程度，伴隨著容量控制、洩漏和壓損的發生成為損失的原因，特別是沒有完全斷熱的變

化時，吸入路徑阻塞後膨脹與壓縮行程 PV 線圖上的路徑沒有一致，圖示作功量會大增。為實現高效率容量控制吸入氣體的阻塞方式，當加熱至某程度如何將洩漏和壓損降至最小，是目前重要的技術課題。

(2) 實例和技術動向

這個方式是針對往復式壓縮機檢討的實例，目前幾乎沒有實用化的例子。往復式壓縮機在吸入行程的全區域中，進行吸入氣體阻塞，形成類似的休筒運動，回轉型壓縮機利用運作室的移動，在吸入行程的全區域中進行吸入氣體阻塞，並進行部份負荷運轉。

5. 吸入氣體旁通方式

(1) 基本原理和技術課題

圖 1 (C) 顯示為吸入氣體旁通方式的 PV 線圖，一旦吸入冷媒氣體直到運作室達到最大容積，之後運作室容積減少，持續接通運作室和吸入室，將冷媒氣體回流至吸入室（吸入氣體通路）。若考量這種方式的理想模式，連接運作室和吸入室之間，即使運作室內容積減少，壓力也不會上昇，如果遮斷運作室和吸入室的連接，壓縮便開始啟動。容量控制時的冷媒流量隨著運作室和吸入室連通被遮斷時的運作室容積減少而降低，PV 線圖周圍的面積減少表示圖示作功與冷媒流量漸趨平衡。

然與吸入氣體阻塞方式時相同，因壓縮機構部位相對地運動與容量控制前並沒有任何改變，機械摩擦損失並不像冷媒流量減少如此多，事實上，冷媒氣體回流至吸入室，加熱至某個程度，伴隨著容量控制、洩漏和壓損的發生成為損失的原因，當吸入氣體通路之間運作室壓力上昇時，PV 線圖上的面積中圖示作功量會增大。利用吸入氣體旁通方式實施高效率的容量控制時，如上述條件加熱，如何將洩漏和壓損降至最小，是目前重要的技術課題。

(2) 實例和技術動向

這個方式是針對往復式壓縮機檢討的實例，目前以回轉型壓縮機實用化的例子最多，往復式壓縮機在原來壓縮行程的全區域中，進行吸入氣體旁通，同樣形成類似的休筒運轉，回轉型壓縮機利用運作室的移動，直到壓縮行程的途中，進行氣體旁通並進行部份負載運轉。

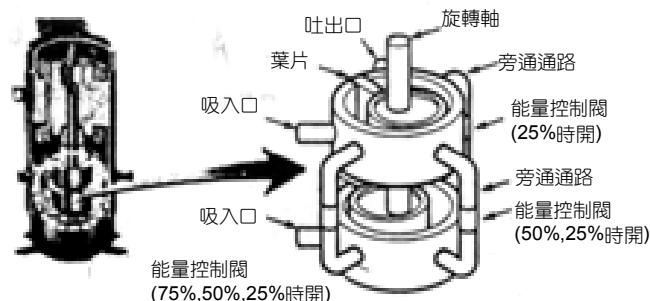


圖 2 吸入氣體旁通方式應用實例(1)(迴轉式壓縮機)

圖 2 為迴轉式(旋轉活塞)壓縮機中適用的吸入氣體旁通方式，實施部份負載運轉的實例，

連絡兩個迴轉式壓縮機可藉由開關旁通，由壓縮行程中運作室至吸入行程中運作室，利用吸入氣體旁通的方式，藉著設置多數個旁通，可分 25% - 50% - 75% - 100% 4 個階段運轉，這是它們的特點。與從前的吸入氣體旁通方式（將吸入氣體回流至吸入室）比較，可以降低冷媒氣體不必要的流動。

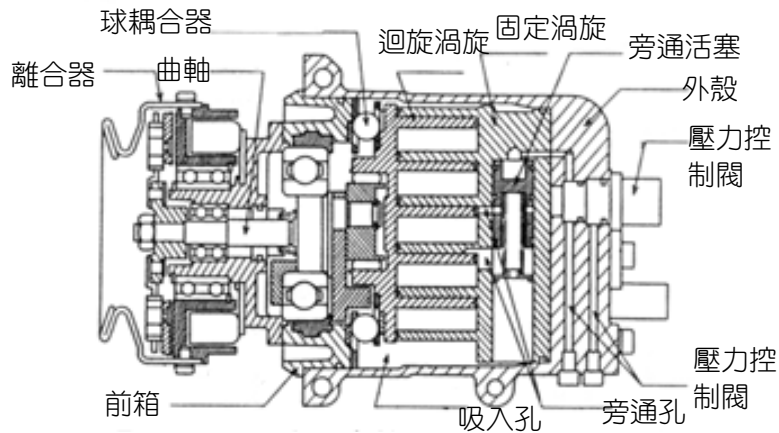


圖 3 汽車空調用渦旋式壓縮機應用例（迴轉式壓縮機）

圖 3 為汽車空調用迴轉式壓縮機中適用的吸入氣體旁通方式，實施部份負荷運轉的實例。擁有 2 個旁通孔洞並依序旁通活塞的移動開關進行容量控制，藉著旁通連續地移動。因各旁通孔洞的開口面積會連續地變化，即可因應 0% ~100% 連續性的容量控制，利用一個旁通孔洞來實現連續性容量控制的構造，因旁通孔洞的開口面積緊密效果問題，控制通路量的區間內會伴隨某程度的損失。

吸入氣體旁通方式中，為達到上述負荷平衡地運轉，開發接近連續式容量控制的技術，擁有具體的構造和效率，構造簡化性以及控制範圍等特點。

6. 可變撞擊方式

(1) 基本原理和技術課題

圖 1 (d) 顯示為可變撞擊方式的 PV 線圖，容量控制時運作室的行程容積（最大容積）本身產生變化，描繪 PV 線圖如同運轉另外小容量的壓縮機。事實上適用於往復式壓縮機等，利用減少活塞撞擊來降低行程容積，因應壓縮機構各部位的褶動速度和冷媒流量而降低。冷媒氣體沒有多餘的膨脹、壓縮或者流量隨著容量控制，故加熱、洩漏和壓損都極小，原本能夠期待高效率的容量控制，因行程容積產生變化，如何將壓縮機構和控制手段簡單化，呈現高可靠性是目前重要的技術課題。

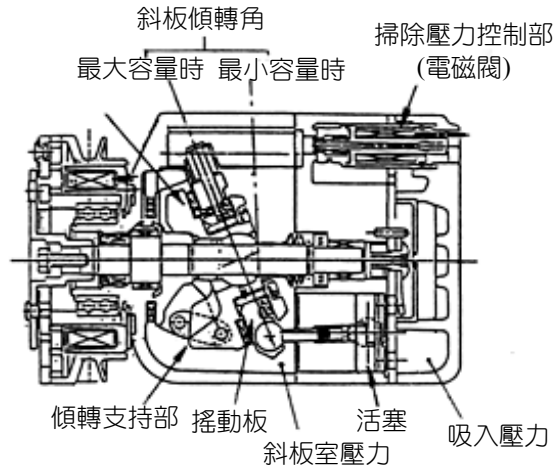


圖 4 可變撞擊方式應用例(片斜板往復式壓縮機)

(2) 實例和技術動向

圖 4 為可變撞擊方式容量控制的實例。往復式壓縮機中若改變活塞的撞擊方式，亦可能促使行程容積產生變化，此時為維持容量控制時能夠達到高效率，最好將活塞的最高清除率保持在極小值。從這些背景看來，採用可變撞擊方式容量控制最多的壓縮機構，就是如圖 4 的片斜板式壓縮機。

構造上的第 1 個重點就是斜板支持機構，為改變撞擊方式，即使斜板傾轉角發生變化，活塞上死點位置幾乎不會改變。因以接近斜板上死點部位作為支點，形成傾轉支持構造。

第 2 個重點是驅動機構。為促使斜板傾轉角產生變化，由活塞、搖動板、斜板等組合成的壓縮機構皆可活動，藉著控制驅動既存活塞背面斜板室的壓力，無需追加新的驅動構機，將斜板傾轉支點延伸的力矩便可以達成。

在功能方面，壓損不會隨著斜板傾轉角的連續性變化而改變，可實現高效率連續性容量控制。各部位運動速度降低將有利於振動。

對於汽車空調用壓縮機而言，引擎驅動皮帶轉動與冷凍循環負荷無關，因回轉速度改變，壓縮機容量控制特別困難；這個可變撞擊方式容量控制最好能提早實用化。從前都使用真空風箱將吸入壓力維持在所規定的值，利用這種內部控制方式為主流，而近年的動向為因應負荷，可以改變吸入壓力的指定值，利用外部控制方式將更為實用化，可達到更高效率地運轉。

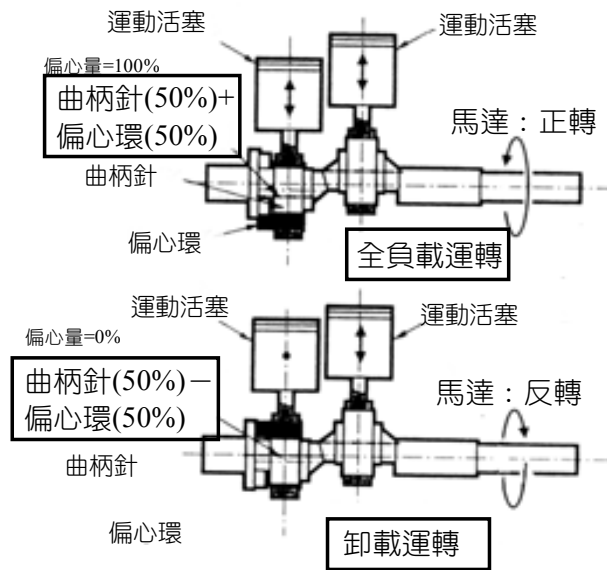


圖 5 休筒方式應用例（雙氣筒往復式壓縮機）

7. 休筒方式

(1) 基本原理和技術課題

具有多數個運作室的壓縮機中，在一部份運作室的吸入行程全區域進行吸入閉塞方式，在壓縮吐出行程的全區域如果進行吸入氣體旁通方式，其運作室中壓縮作用幾乎沒有進行呈現休筒狀態，這些原理屬於吸入閉塞方式或吸入氣體旁通方式。所謂休筒方式就是停止一部份運作室的運動（容積變化）並降低冷媒流量的方式。

休筒方式的容量控制場合屬於消失的形態，在圖 1 各 PV 線圖中並沒有顯示出 PV 線與可變撞擊方式相同，冷媒氣體沒有多餘的膨脹，壓縮行程或流動，故加熱、洩漏和壓損都極小，理論上可期待高效率的容量控制方式，簡而言之，如何研發簡單化高信賴化且具現代化的構造，如何因應容量控制時壓縮轉矩變動或慣性力的振動對策，都是目前急需解決的課題。

(2) 實例和技術動向

圖 5 為休筒方式容量控制的實例，在直列 2 氣筒的往復式壓縮機中，將一側氣筒活塞運動完全停止，實現完整的休筒狀態。

構造上的特點是曲軸（crankshaft）兩個曲柄針（crank pin）之一的偏心量為平常的 50%，具有同量偏心量的偏心環安裝在轉杆的粗軸部位，偏心環與曲柄針部位相對地回轉，藉著偏心量的合成與抵消，偏心環外周的偏心量變化為 0% 和 100%。因偏心量回轉時，驅動馬達逆轉，偏心環和曲柄針部位的回轉制動位置變更而所形成的構造。藉著 2 氣筒中之一氣筒進行休筒時，理論上，可以呈現兩階段的梯級控制，容量控制時效率降低的原因幾乎不會發生。

曲軸逆轉極為容量，即使逆轉亦必須考量壓縮機構的成立，本方式最適合應用在馬達驅動的往復式壓縮機。

8.其他方式

有關控制壓縮機容量的幾個其他組合方式，在此稍作介紹，特別是為了控制功能而捨棄設置可動部位，針對回轉速度而設計，意圖改變體積效率的特性（超高速高體積效率），因容量控制而縮小控制回轉速度的範圍以及利用液噴射（injection）擴大暖房能力的實例，這些實例廣泛的意思正代表容量控制技術的一環。

9.總結

以壓縮機容量控制的目的為對象，隨著產品的不同，有些事情亦不同，例如汽車空調而言，除了省能以外，提昇車輛的驅動能力亦很重要。即使相同部份負荷運轉下，因季節性因素使負荷減少的場合和因複合系統的部份運轉使負荷減少的場合，容量控制時的運轉壓力條件等皆不同。除了容量控制之外，成本考量也極為重要。

將「省能」視為大目標，是不變的宗旨，另外不僅考慮某些固定事物，各方式的特徵亦必瞭如指掌，如此才能活用容量控制技術。